

Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj orijentacije vanjskih otvora

Tomašec, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:270529>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 375/GR/2019

**Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj orijentacije vanjskih
otvora**

Alen Tomašec, 0955/336

Varaždin, rujan 2019. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 375/GR/2019

Mjere energetske učinkovitosti i važnost orijentacije vanjskih otvora

Student

Alen Tomašec, 0955/336

Mentor

dr. sc. Željko Kos, struč. spec. ing. aedif.

Varaždin, rujan 2019. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Alen Tomašec	MATIČNI BROJ	0955/336
DATUM	05. 09. 2019.	KOLEGIJ	Zgradarstvo II
NASLOV RADA	Mjere energetske učinkovitosti i utjecaj orijentacije vanjskih otvora		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Energy efficiency measures and the influence of the orientation of the external openings		

MENTOR	dr.sc. Željko Kos	ZVANJE	Predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo		
	2. dr.sc. Željko Kos, predavač		
	3. doc.dr.sc. Aleksej Aniskin		
	4. doc.dr.sc. Matija Orešković		
	5. _____		

Zadatak završnog rada


BROJ	375/GR/2019
OPIS	

Pristupnik u radu treba izložiti utjecaj implementacije mjera energetske učinkovitosti na primjeru rekonstrukcije obiteljske kuće kao i utjecaj orijentacije vanjskih otvora na toplinske dobitke.

Izračunati utrošak energije za postojeće stanje te za stanje nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti, izraditi troškovnik za implementirane mjere, analizirati ekonomsku isplativost mjera i detaljno opisati način izračuna potrebne godišnje energije za grijanje i hlađenje po m2 neto korisne površine.

U radu je potrebno obraditi sljedeće teme:

- Opis izračuna potrebne energije za grijanje i hlađenje te pripremu tople vode
- Izračun za postojeće stanje
- Izračun za novo stanje i troškovnik za implementirane mjere
- Analiza ekonomske isplativosti za svaku mjeru posebno i za sve mjere ukupno (može i u okviru izračuna)
- Utjecaj orijentacije vanjskih otvora na toplinske dobitke

ZADATAK URUČEN	05.09.2019.	POTPIS MENTORA	
----------------	-------------	----------------	---



Predgovor

Zahvaljujem se svojem mentoru, dr. sc. Željko Kos, struč. spec. ing. aedif., na pruženoj pomoći tijekom izrade završnog rada, ali isto tako i tijekom svih kolegija koje je vodio. Zahvaljujem se na nesebičnom trudu kojeg je uložio da bi na studente prenio svoje znanje i iskustva. Također zahvaljujem se svim profesorima i asistentima Sveučilišta Sjever na studiju Graditeljstva na stečenim znanjima koje su mi prenijeli tijekom studiranja. Na kraju zahvaljujem se svojoj obitelji na pruženom strpljenju i podršci tijekom studiranja.

Sažetak

Predmet završnog rada je izraditi analizu postojećeg stanja, predložiti i analizirati mjere za poboljšanje energetske svojstava te prikazati uštedu toplinske energije za grijanje nakon provedbe predloženih mjera energetske učinkovitosti na primjeru obiteljske kuće te utjecaj orijentacije vanjskih otvora na solarne toplinske dobitke.

Nakon analize postojećeg stanja opisat ću metodologiju proračuna potrebne toplinske energije za grijanje, te prije samog proračuna potrebne energije za grijanje su nam potrebni podaci o geometrijskim karakteristikama zgrade, klimatološki podaci i lokacija na kojoj se nalazi zgrada za koju se provodi proračun. Za proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje upotrijebljen je računalni program KI Expert PLUS.

Na temelju dobivenih rezultata predlažu se mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti, te se izračunava financijska ušteda nakon implementacije svih predloženih mjera energetske učinkovitosti.

Ključne riječi: mjere energetske učinkovitosti, energetski pregled zgrade, potrebna toplinska energija, metodologija proračuna, KI Expert PLUS, obiteljska kuća, financijska ušteda, solarni dobitci

Abstract

The subject of this paper is to make an analysis of the current situation, to propose and analyze measures for improving energy performance and to show the savings of heat energy after the implementation of the proposed energy efficiency measures on the example of a family house, and the influence of the orientation of external openings on solar thermal gains.

After analyzing the current situation, I will describe the methodology for calculating the required thermal energy for heating, and before the calculation of the required energy for heating, we need information on the geometric characteristics of the building, climatological data and the location of the building. The computer program KI Expert PLUS was used to calculate the annual heat demand for heating.

Based on the results obtained, energy efficiency improvement measures are proposed and financial savings are calculated after implementation of all proposed energy efficiency measures.

Key words: energy efficiency measures, building energy audits, heat energy requirements, calculation methodology, KI Expert PLUS, family house, financial savings, solar gains

Popis korištenih kratica

NN	Narodne novine
PTV	Potrošna topla voda
EPS	Ekspandirani polistiren

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Energetski pregled zgrade.....	2
3.	Postojeće stanje.....	3
3.1.	Tehnički opis.....	3
3.2.	Građevni dijelovi.....	5
3.2.1.	Vanjski zidovi.....	5
3.2.2.	Pod na tlu.....	6
3.2.3.	Strop prema provjetravanom tavanu.....	7
3.2.4.	Vanjski otvori.....	8
3.3.	Sustav grijanja i hlađenja.....	9
3.3.1.	Podsustav proizvodnje energije.....	9
3.3.2.	Podsustav razvoda.....	9
3.3.3.	Podsustav izmjene topline u prostoru.....	9
3.4.	Sustav PTV.....	10
3.5.	Sustav potrošnje električne energije.....	10
3.5.1.	Rasvjeta.....	10
3.5.2.	Sustav grijanja i PTV.....	11
3.5.3.	Kuhinjska oprema.....	11
3.5.4.	Ostali potrošači.....	12
3.5.5.	Ukupno.....	13
4.	Metoda proračuna potrebne energije za grijanje.....	14
4.1.	Tipovi proračuna.....	14
4.2.	Potrebni ulazni podaci za proračun $Q_{H,nd}$ [kWh].....	14
4.3.	Rezultati proračuna.....	16
4.4.	Podjela na zone.....	16
4.5.	Potrebna toplinska energija za grijanje.....	17
4.6.	Izmjena toplinske energije transmisijom i ventilacijom.....	17
4.7.	Unutarnji toplinski dobiti.....	18
4.8.	Solarni dobiti.....	18
5.	Proračun potrebne energije za grijanje.....	19
5.1.	Ulazni podaci.....	19
5.1.1.	Klimatski podaci.....	19
5.1.2.	Proračunski parametri.....	20
5.1.3.	Podaci o zgradi.....	20
5.2.	Toplinski gubici.....	23
5.2.1.	Transmisijski gubici.....	23
5.2.2.	Gubici provjetravanjem.....	23
5.2.3.	Ukupni gubici.....	24
5.3.	Toplinski dobiti.....	25
5.4.	Potrebna energija za grijanje.....	26
5.5.	Energetski razred.....	28

6.	Prijedlog i analiza mjera za poboljšanje energetske svojstava	29
6.1.	Građevni dijelovi	30
6.1.1.	<i>Vanjski zid</i>	30
6.1.2.	<i>Strop prema tavanu</i>	31
6.1.3.	<i>Pod na tlu</i>	32
6.1.4.	<i>Vanjska stolarija</i>	33
6.2.	Električna energija	34
6.3.	Prihvaćene mjere	35
7.	Utjecaj orijentacije staklenih površina na solarne dobitke	37
8.	Zaključak	41
9.	Literatura	42
	Popis slika	43

1. Uvod

U stambenim zgradama se troši oko 40% od ukupne potrošnje energije, stoga je izuzetno važna njihova energetska učinkovitost tj. osiguravanje minimalne potrošnje energije da bi se postigla optimalna ugodnost boravka i korištenja zgrade. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (obliku i konstrukcijskim materijalima), energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, hlađenja, prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete koji se u njoj koriste), ali i o klimatskim uvjetima podneblja na kojem se nalazi.

Prema dostupnim podacima obiteljske kuće čine 65% stambenog fonda u Hrvatskoj, a najviše obiteljskih kuća je izgrađeno prije 1987. godine te nemaju gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju (energetski razred E i lošiji). Takve obiteljske kuće troše 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, a mjere energetske učinkovitosti mogu značajno smanjiti njihovu potrošnju, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine od 30 do 60%. Obiteljskom kućom smatra se zgrada u kojoj je više od 50% bruto podne površine namijenjeno za stanovanje te zadovoljava jedan od dva navedena uvjeta: da ima najviše 3 stambene jedinice ili da ima građevinsku bruto površinu manju ili jednaku 600 m².

Cilj ovog rada je s aspekta energetske učinkovitosti izraditi analizu postojećeg stanja, predložiti i analizirati mjere za poboljšanje energetskih svojstava te prikazati uštedu toplinske energije za grijanje nakon provedbe predloženih mjera energetske učinkovitosti na primjeru postojeće obiteljske kuće. Analizirat će se i financijska isplativost pojedinih poboljšanja na obiteljskoj kući.

Izračun postojećeg i stanja nakon provedbe predloženih mjera biti će napravljen pomoću programa KI Expert PLUS te će se svi izračuni napraviti prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN broj 88/17) koji je trenutno na snazi.

2. Energetski pregled zgrade

Energetski pregled zgrade je važan korak u analizi učinkovitosti potrošnje energije. Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu tehničkih i energetskih svojstava zgrade i analizu svih tehničkih sustava u zgradi koji troše energiju i vodu s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije i vode te donošenja zaključaka i preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti.

Cilj energetskog pregleda zgrade je prikupljanjem i obradom podataka o zgradi i svim tehničkim sustavima u zgradi, utvrđivanje energetskih svojstava obzirom na:

- građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite i potrošnje energije,
- energetska svojstva sustava za grijanje, hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju,
- energetska svojstva sustava za pripremu potrošne tople vode,
- energetska svojstva sustava potrošnje električne energije,
- energetska svojstva sustava potrošnje pitke i sanitarne vode,
- energetska svojstva pojedinih grupa trošila i ostalih tehničkih sustava u zgradi,
- način korištenja zgrade i u njoj ugrađenih energetskih sustava i sustava potrošnje vode.

Na osnovi analize prikupljenih podataka, odabiru se konkretne energetske, tehnički ekološki i ekonomski optimalne mjere za poboljšanje energetskih svojstava zgrade te mjere nužne za zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta.

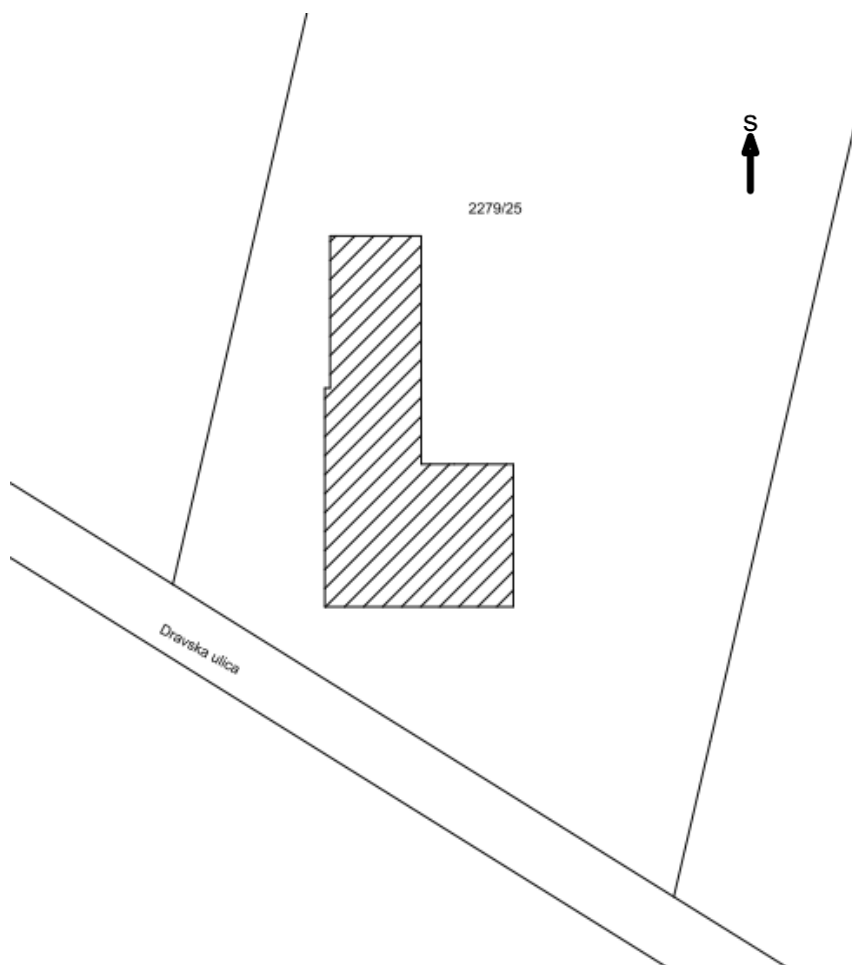
Provedba energetskih pregleda je propisana Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17) kojim se uređuju zakonske obveze i zahtjevi za provedbu energetskog pregleda zgrada te obveze i postupak energetskog certificiranja.

Energetski pregled se provodi u skladu sa stvarnim potrebama zgrade, važećim tehničkim propisima, te prema stvarnoj potrošnji pojedinog sustava. Ocjena stanja sustava, te sama ocjena energetske učinkovitosti nužna je za pravilno održavanje i korištenje te u konačnici pravilan izbor i proračun mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti. Za nove zgrade i zgrade nakon veće rekonstrukcije daju se preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom i očuvanja topline i ispunjenje energetskih svojstava zgrade.

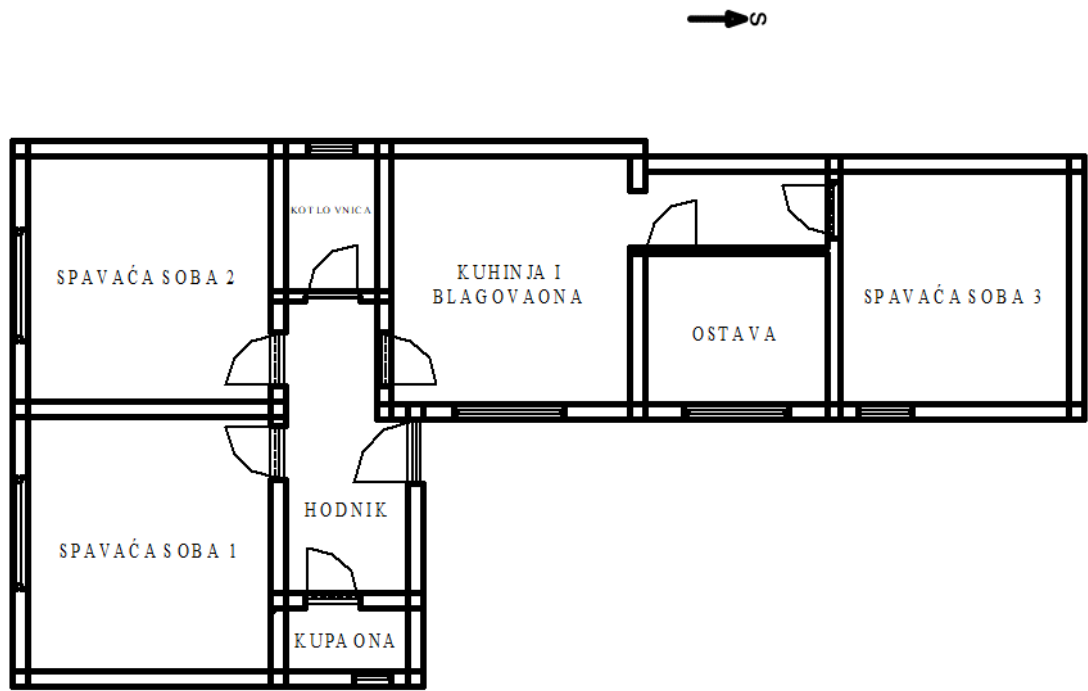
3. Postojeće stanje

3.1. Tehnički opis

Predmet proračuna je obiteljska kuća izgrađena 1968.g. nalazi se na katastarskoj čestici broj 2279/25 k.o. Radovec. Slobodnostojeća prizemnica razvedenog tlocrtnog oblika unutar pravokutnika dimenzija 8,90m x 17,55m. Građevina ima dvije etaže: prizemlje i tavan. Prizemlje je grijano dok je tavan negrijani prostor. Ukupna bruto površina grijanog dijela zgrade je 107,30 m², a korisna neto površina grijanog dijela iznosi 94,44 m². Izvedena je od punih opečnih blokova s armirano betonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima. Vanjski zidovi promatrane građevine izvedeni su od punih opečnih blokova debljine 25 cm, iznutra ožbukanih vapneno cementnom žbukom debljine 2 cm te izvana cementnom žbukom debljine 4 cm. Promatrana zgrada je priključena na postojeću komunalnu infrastrukturu. Od energenata u promatranoj zgradi se koristi električna energija i voda. Sve instalacije u zgradi su izvedene podžbukno. Građevina ima dvostrešno krovište nagiba krovnih ploha 31° i 43°. Visine 5,77 m mjereno od najniže kote terena.



Slika 3.1.1 Situacija



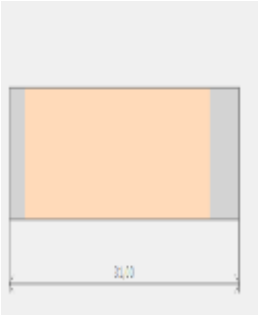
Slika 3.1.2 Shema prizemlja

3.2. Građevni dijelovi

3.2.1. Vanjski zidovi

Vanjski zidovi su najveći pojedinačni dio vanjske ovojnice zgrade. U ovom slučaju izvedeni su iz pune opeke debljine 25 cm, 4 cm cementne žbuke izvana te 2 cm vapneno-cementne žbuke iznutra što je iznimno loše zbog velikih transmisijskih gubitaka. Ne zadovoljavaju ni minimalne uvjete toplinske zaštite.

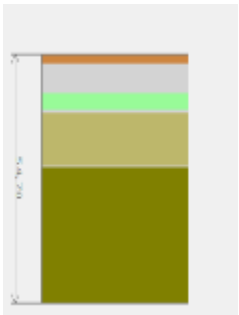
Tablica 4.2.1 prikazuje svojstva vanjskog zida te karakteristike pojedinih dijelova zida

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd}	A_l	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}	
	139,14	44,72	50,23	23,51	20,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 1,72 \leq 0,30$			NE ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,77 \geq 0,57$			NE ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$516,00 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 1,72 \leq 0,30$			NE ZADOVOLJAVA				
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$				
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka		2,000	1800,00	1,000	0,020				
2	1.02 Puna opeka od gline		25,000	1600,00	0,680	0,368				
3	3.01 Cementna žbuka		4,000	2000,00	1,600	0,025				
						$R_{si} = 0,130$				
						$R_{se} = 0,040$				
						$R_T = 0,583$				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 1,72$				$U = 1,72 \geq U_{max} = 0,30$		NE ZADOVOLJAVA				
Plošna masa građevnog dijela $516,00 [kg/m^2]$				$516,00 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 1,72 \leq 0,30$		NE ZADOVOLJAVA				

3.2.2. Pod na tlu

Pod na tlu je dio vanjske ovojnice koji je u kontaktu s tlom. Izveden je kao armirano-betonska ploča debljine 12 cm, hidroizolacijskog sloja debljine 1 cm, EPS 4 cm, cementnog estriha 6 cm te drvenog parketa debljine 2 cm. Toplinska zaštita poda je nedovoljna i ne zadovoljava ni minimalne uvjete toplinske zaštite.

Tablica 4.2.2 prikazuje svojstva poda na tlu te karakteristike pojedinih dijelova poda

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A	A_{SI}	A_{JI}	A_{JZ}		
	94,44	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,74 $\leq 0,40$			NE ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,84 \geq 0,81$			NE ZADOVOLJAVA			
Slojevi građevnog dijela u smjeru		d [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]					
1	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,200	500,00	0,130	0,169					
2	3.19 Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038					
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	30,00	0,042	0,952					
4	Bitumenska ljepenka (traka)	0,500	1100,00	0,230	0,022					
5	2.03 Beton	12,00	2400,00	2,000	-					
6	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,00	1700,00	0,810	-					
					$R_{si} = 0,170$					
					$R_{se} = 0,000$					
					$R_T = 1,351$					
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,74		$U = 0,74 \geq U_{max} = 0,40$			NE ZADOVOLJAVA					

3.2.3. Strop prema provjetravanom tavanu

Strop prema tavanu izveden je kao armirano-betonska ploča debljine 15 cm, EPS 5 cm te drvenim daskama debljine 2 cm, u podgledu je ožbukana vapneno-cementnom žbukom debljine 2 cm. Nedovoljno je izoliran i ne zadovoljava ni minimalne uvjete toplinske zaštite.

Tablica 4.2.3 prikazuje svojstva poda na tlu te karakteristike pojedinih dijelova poda

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd}	A _i	A _z	A _s	A _j	A _{si}	A _{sz}	A _{ji}	A _{jz}	
	94,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,55 ≤ 0,25				NE ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0,77 ≤ 0,86				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a, god} = 0,00				ZADOVOLJAVA		
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog			d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]				
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka		2,000	1800,00	1,000	0,020				
2	2.04 Beton		15,000	2200,00	1,650	0,091				
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)		5,000	21,00	0,037	1,351				
4	4.05 Drvo - meko - crnogorica		2,000	500,00	0,130	0,154				
						R _{si} = 0,100				
						R _{se} = 0,040				
						R _u = 0,060				
						R_T = 1,816				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] =			U = 0,55 ≥ U _{max} = 0,25				NE ZADOVOLJAVA			

3.2.4. Vanjski otvori

Prozori i ostakljene konstrukcije pročelja su najdinamičniji element vanjske ovojnice u izmjeni energije s okolišem zgrade zbog velikih koeficijenata prolaska topline u odnosu na ostale dijelove zgrade. Prozori su dio vanjske ovojnice predviđen za prirodno prozračivanje. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke i na gubitke ventilacijom. Uvidom u postojeće stanje prozora pretpostavljaju se vrijednosti koeficijenata prolaska topline ovisno o vrsti ostakljenja te prema materijalu i debljini okvira ugrađenih prozora i vrata. Svi vanjski prozori su izrađeni od drvenog okvira s dvostrukim staklom s koeficijentom toplinske provodljivosti otvora $U_w = 2,90$ W/m^2K . a drvena ulazna vrata imaju koeficijent toplinske provodljivosti otvora $U_w = 3,50$ W/m^2K .

Tablica 4.2.4 prikazuje broj, površinu, koeficijente toplinske provodljivosti, najveće dopuštene toplinske provodljivosti te koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu pojedinih otvora.

Naziv otvora	n	A_w	U_w	$U_{w,max}$	H_D
60x60	1,00	0,36	2,90	1,40	1,04
80x60	1,00	0,48	2,90	1,40	1,39
90x120	1,00	1,08	2,90	1,40	3,13
170x120	1,00	2,04	2,90	1,40	5,92
180x140	3,00	2,52	2,90	1,40	21,92
Vrata	1,00	2,31	3,50	2,00	8,09

Kao što vidimo u tablici 4.2.4 prozori kao i vrata ne zadovoljavaju ni minimalne uvjete toplinske zaštite pa možemo reći da su svi vanjski otvori loši s aspekta toplinske zaštite.

3.3. Sustav grijanja i hlađenja

Sustav se sastoji iz 3 dijela:

- podsustav proizvodnje energije (izvori energije)
- podsustav razvoda (distribucije)
- podsustav izmjene topline u prostoru(ogrjevn/rashladna tijela)

3.3.1. Podsustav proizvodnje energije

Energija se dobiva centralno pomoću peći na kruta goriva snage 20 kW, koristi se za grijanje i proizvodnju tople vode.

3.3.2. Podsustav razvoda

Podsustav razvoda sastoji se od neizoliranih bakrenih cijevi položenih unutar poda prizemlja. Podsustav razvoda grijanja je jednostavan te se sastoji od dva kruga grijanja, jedan služi za grijanje radijatora dok drugi služi za proizvodnju tople vode.

3.3.3. Podsustav izmjene topline u prostoru

Za grijanje prostora koriste se pločasti radijatori. U kući se nalazi 7 radijatora ukupne snage 15,50 kW. U tablici 3.3.3 vidimo popis svih radijatora te njihove pojedinačne snage. Sustav hlađenja ne postoji dok je ventilacija prirodna provjetranjem kroz otvorene prozore i vrata.

Tablica 3.3.3 Pojedinačne snage postavljenih radijatora

Prostorija	Snaga (kW)
Spavaća soba 1	2,50
Spavaća soba 2	2,50
Spavaća soba 3	2,50
Kuhinja i blagovaona	3,00
Hodnik	1,50
Kupaona	2,00
Ostava	1,50
UKUPNO:	15,50

3.4. Sustav PTV

Potrošna topla voda za potrebe kupaone i kuhinje u promatranoj zgradi se priprema centralno pomoću akumulacijskog spremnika PTV-a proizvođača Vaillant smještenog u kupaonici. Zapremnina akumulacijskog spremnika iznosi 80 litara, a priključen je na peć za centralno grijanje. Razvod sustava pripreme potrošne tople vode nema recirkulacijski vod. Cijevni razvod sustava pripreme potrošne tople vode je izrađen od PPR cijevi i izveden je s toplinskom izolacijom čime su smanjeni gubici u razvodu.

3.5. Sustav potrošnje električne energije

Predmetna zgrada je povezana na javnu elektroenergetsku mrežu. Električna energija se preuzima na niskom naponu. Radi preglednosti potrošači električne energije podijeljeni su u karakteristične grupe prema namjeni i načinu korištenja. Podijeljeni su na:

- Rasvjeta
- Sustav grijanja
- Kuhinjska oprema
- Ostalo

3.5.1. Rasvjeta

Sustav rasvjete u promatranoj zgradi temelji se na rasvjetnim tijelima s žarnom niti kao izvorima svjetlosti. U tablici 3.5.1 se može vidjeti popis instaliranih rasvjetnih tijela po sobama te da je ukupna instalirana snaga električne rasvjete u promatranoj građevini 1510 W, a godišnja potrošnja električne energije za rasvjetu iznosi 1363,80 kWh. Regulacija rada rasvjete riješena je lokalnim upravljanjem, pomoću zidnih sklopki.

Tablica 3.5.1 Snaga rasvjetnih tijela po sobama

Prostorija	Ukupna instalirana snaga (W)	Procijenjeni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Spavaća soba 1	220,00	890,00	195,80
Spavaća soba 2	220,00	890,00	195,80
Spavaća soba 3	180,00	890,00	160,20
Kuhinja i blagovaona	400,00	1100,00	440,00
Hodnik	100,00	750,00	75,00
Kupaona	240,00	1050,00	252,00
Ostava	150,00	300,00	45,00
UKUPNO:	1510,00		1363,80

3.5.2. Sustav grijanja i PTV

Sustav grijanja koristi dvije cirkulacijske pumpe pojedinačne snage 100W. Procijenjena godišnja potrošnja iznosi 620,00 kWh.

Tablica 3.5.2 Snaga i potrošnja cirkulacijskih pumpi

Potrošač	Snaga (W)	Procijenjeni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Cirkulacijska pumpa grijanje	100,00	3600,00	360,00
Cirkulacijska pumpa PTV	100,00	1100,00	110,00
UKUPNO:			470,00

3.5.3. Kuhinjska oprema

Od kuhinjske opreme u promatranoj zgradi u kuhinji nalazi se pećnica, hladnjak, perilica posuđa i ostali manji potrošači kao kuhalo vode, mikser itd. ukupne instalirane snage 8450 W. U tablici 3.5.2 se može vidjeti da ukupna godišnja potrošnja kuhinjske opreme iznosi 3870 kWh.

Tablica 3.5.2 Snaga i potrošnja kuhinjske opreme

Potrošač	Snaga (W)	Procijenjeni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Pećnica	3000,00	400,00	1200,00
Hladnjak	1500,00	600,00	900,00
Štednjak	2200,00	600,00	1320,00
Mikrovalna pećnica	500,00	300,00	150,00
Kuhalo za vodu	750,00	300,00	225,00
Ostalo (mikser, sokovnik i sl.)	500,00	150,00	75,00
UKUPNO:	8450,00		3870,00

3.5.4. Ostali potrošači

Ostali potrošači u promatranoj zgradi su: ruter, stolno računalo, pegla, perilica rublja, TV, radio procijenjene godišnje potrošnje 1270,80 kWh.

Tablica 3.5.2 Snaga i potrošnja ostalih potrošača

Potrošač	Snaga (W)	Procijenjeni godišnji sati rada (h)	Potrošnja (kWh)
Ruter	5,00	8760,00	43,80
Stolno računalo	600,00	750,00	450,00
Televizor	150,00	600,00	90,00
Radio	15,00	300,00	4,50
Glačalo	1750,00	150,00	262,50
Perilica rublja	2800,00	150,00	420,00
UKUPNO:	5320,00		1270,80

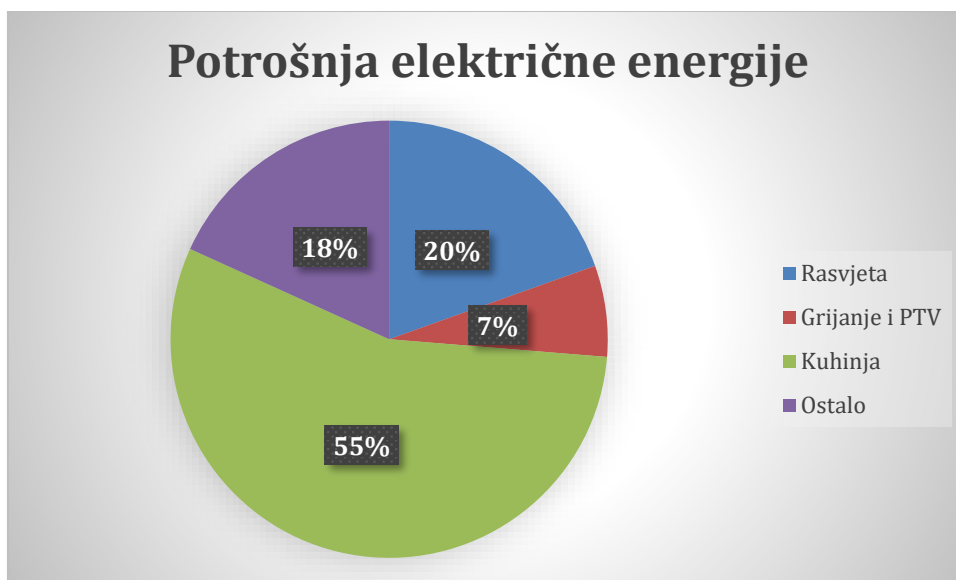
3.5.5. Ukupno

Ukupna potrošnja električne energije iznosi 6974,60 kWh.

Tablica 3.5.5 Ukupna potrošnja svih potrošača

	Potrošnja električne energije
Rasvjeta	1363,80
Grijanje i PTV	470,00
Kuhinja	3870,00
Ostalo	1270,80
UKUPNO	6974,60

Dijagram 3.5.5 prikazuje raspodjelu potrošnje el. energije



Iz dijagrama 3.5.5 vidimo da je najveći potrošač kuhinjska oprema koja troši 55% ukupne električne energije, rasvjeta troši 20% što nije zanemarivo.

4. Metoda proračuna potrebne energije za grijanje

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje izračunava se prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti (NN 128/15) u skladu s normom HRN EN ISO 13790:2008 koja opisuje postupak proračuna godišnje potrošnje energije za grijanje i hlađenje stambenih i nestambenih zgrada ili dijelova zgrade

4.1. Tipovi proračuna

Prema HRN EN ISO 13790, tri su pristupa proračunu potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

- kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti
- kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti
- dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim

Kod energetskog certificiranja zgrada, za proračun $Q_{H,nd}$ koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

4.2. Potrebni ulazni podaci za proračun $Q_{H,nd}$ [kWh]

Klimatski podaci:

- ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period, ($^{\circ}\text{C}$);
- S_s – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period, (MJ/m^2).

Proračunski parametri:

- ϑ_{int} - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona ($^{\circ}\text{C}$),
- n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu (h^{-1}).

Podaci o zgradi:

A_k – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade (m^2); (vanjski zidovi, zidovi između stanova, zidovi prema garaži/tavanu, zidovi prema negrijanom stubištu, zidovi prema tlu, stropovi između stanova, stropovi prema tavanu, stropovi iznad vanjskog prostora, stropovi prema negrijanom podrumu, podovi na tlu, podovi s podnim grijanjem prema tlu, kosi krovovi iznad grijanih prostora, ravni krovovi iznad grijanih prostora)

- A_f – površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama (m^2);

A_K – ploština korisne površine zgrade (m^2); za stambene zgrade može se približno odrediti $A_K = 0,32 \cdot V_e$

A – ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade), uređena prema HRN EN ISO 13789:2007,

V_e - bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A (m^3);

V – neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak (m^3); Taj se obujam određuje koristeći unutarnje dimenzije ili prema približnom izrazu $V = 0,76 \cdot V_e$ za zgrade do tri etaže, odnosno $V = 0,8 \cdot V_e$ u ostalim slučajevima

f – udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja.

Podaci o termotehničkim sustavima:

- način grijanja zgrade,
- izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu PTV-a,
- vrsta ventilacije (prirodna, prisilna),
- vođenje i regulacija sustava grijanja,
- karakteristike unutarnjih izvora topline.

4.3. Rezultati proračuna

Izlazni rezultati proračuna prema HRN EN ISO 13790 su mjesečni podaci za svaku zonu i ukupni sezonski podaci:

1) REŽIM GRIJANJA

- transmisijski toplinski gubici
- ventilacijski toplinski gubici
- unutarnji toplinski dobici (ljudi, rasvjeta, uređaji)
- ukupni toplinski dobici od sunčeva zračenja
- faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje
- broj dana grijanja u mjesecu/godini
- potrebna toplinska energija za grijanje svedena na grijani prostor

2) REŽIM HLAĐENJA

- ukupna izmijenjena toplina transmisijom
- ukupna izmijenjena toplina ventilacijom
- unutarnji toplinski dobici (ljudi, rasvjeta, uređaji)
- ukupni toplinski dobici od sunčeva zračenja
- faktor iskorištenja toplinskih gubitaka za hlađenje
- broj dana hlađenja u mjesecu/godini
- potrebna toplinska energija za hlađenje svedena na hlađeni prostora...

4.4. Podjela na zone

Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje i hlađenje, te se za svaku zonu zasebno izdaje energetska certifikat, provodi se za dijelove zgrade ako se razlikuju:

- vrijednosti unutarnje projektne temperature za više od 4 °C,
- namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m²,
- u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe.

Proračun prema normi HRN EN ISO 13790 moguć je na tri načina:

- cijela zgrada tretirana kao jedna zona,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura < 5°C, pa se izmjenjena topline između samih zona ne uzima u obzir,

- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura $\geq 5^{\circ}\text{C}$, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir.

4.5. Potrebna toplinska energija za grijanje

Sumiranje se provodi za sve mjesece u godini ako su vrijednosti mjesečne potrebne toplinske energije za grijanje pozitivne. Proračun $Q_{H,nd,cont}$ uključuje sljedeći izraz:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol}),$$

gdje su:

Q_{Tr} – izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

Q_{int} – unutarnji toplinski dobitci zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

Q_{sol} – toplinski dobitci od Sunčeva zračenja (kWh).

4.6. Izmjena toplinske energije transmisijom i ventilacijom

Izmjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K):

$$Q_{Tr} = H_{Tr} / 1000 \cdot (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \text{ [kWh]}$$

$$Q_{Ve} = H_{Ve} / 1000 \cdot (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \text{ [kWh]}$$

gdje su:

H_{Tr} – koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

H_{Ve} – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\vartheta_{int,H}$ – unutarnja postavna temperatura grijane zone ($^{\circ}\text{C}$);

ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) ($^{\circ}\text{C}$);

t – trajanje proračunskog razdoblja (h).

Koeficijent transmisije izmjene topline H_{Tr} određuje se iz sljedećeg izraza:

$$H_{Tr} = H_D + H_U + H_A + H_{g,m} \text{ [W/K]}$$

gdje su:

H_D – koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu (W/K);

H_U – koeficijent transmisije izmjene topline kroz negrijani/nehlađeni prostor prema vanjskom okolišu (W/K);

H_A – koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednoj zgradi (W/K);

$H_{g,m}$ – koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec (W/K).

4.7. Unutarnji toplinski dobitci

Unutarnji toplinski dobitci Q_{int} od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću 5 W/m² ploštine korisne površine za stambene prostore, a 6 W/m² za nestambene prostore.

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} * A_K * t}{1000} \text{ [kWh]}$$

gdje su:

q_{spec} – specifični unutarnji dobitak po m² korisne površine, 5 W/m² ili 6 W/m²;

A_K – korisna površina (m²);

t - proračunsko vrijeme (h).

4.8. Solarni dobitci

$$Q_{sol} = \Sigma Q_{sol,k} + \Sigma(1-b_{tr,l})Q_{sol,u,l} \text{ [kWh]}$$

gdje su:

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$ – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13 789 (-);

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh).

5. Proračun potrebne energije za grijanje

5.1. Ulazni podaci

5.1.1. Klimatski podaci

Referentna postaja:

Varaždin

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Temperature zraka (° C)													
m	0,4	2,2	6,4	11,2	16,2	19,6	21,2	20,5	15,5	10,7	6	0,8	10,9
min	-14,9	-13,4	-10,5	0	5,6	9,4	13	10,9	6,5	-1,6	-7,2	-13,4	-14,9
max	13,1	14,4	16,3	20	26,3	28,4	29	29,3	26,2	21,8	19,8	13,8	29,3

Tlak vodene pare (Pa)													
m	500	560	680	870	1210	1530	1680	1680	1410	1040	750	570	1040

Relativna vlažnost zraka (%)													
m	83	75	71	69	68	69	70	73	79	81	84	86	76

Brzina vjetra (m/s)													
m	2	2,4	2,5	2,7	2,3	2,1	1,8	1,5	1,5	1,8	2,1	2,1	2

Broj dana grijanja													
Temperatura vanjskog zraka											≤ 10 ° C	169	
											≤ 12 ° C	186,9	
											≤ 15 ° C	204,6	



Orij	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m ²)														
S	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	156	227	384	489	582	607	636	571	467	319	167	120	4726
	30	181	257	410	493	565	579	612	567	492	357	193	139	4845
	45	198	274	415	475	525	530	563	538	493	378	209	152	4750
	60	205	277	401	436	465	462	494	487	470	379	215	157	4448
	75	202	266	369	379	389	381	409	416	424	360	210	155	3958
SE, SW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	145	215	372	483	582	609	637	566	454	303	157	112	4635
	30	162	234	389	486	569	588	619	564	472	329	173	124	4709
	45	171	243	390	471	537	550	582	542	471	339	182	131	4610
	60	172	241	375	440	489	495	527	501	450	334	182	132	4338
	75	166	227	344	392	427	427	457	444	411	314	174	127	3910
E, W	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	123	188	340	461	572	606	630	546	417	266	134	95	4377
	30	123	186	335	449	554	585	609	532	411	264	134	95	4276
	45	120	182	323	429	525	553	577	507	397	258	131	92	4093
	60	114	173	304	400	485	509	533	471	374	245	124	88	3819
	75	105	159	277	362	434	455	477	425	341	225	114	81	3456
NE, NW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	100	157	303	432	556	598	617	519	373	224	110	78	4067
	30	85	134	264	389	514	558	572	471	325	189	94	67	3663
	45	71	115	233	347	462	504	514	420	284	164	78	59	3250
	60	65	91	200	308	412	448	457	373	249	127	70	54	2855
	75	59	81	151	258	361	395	402	320	187	105	63	48	2428
E, N	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	85	140	284	418	544	587	604	504	352	200	95	67	3879
	30	75	102	215	352	481	525	534	432	269	137	81	63	3266
	45	71	96	166	273	398	439	441	341	187	123	59	2669	
	60	65	89	152	202	302	338	332	244	159	115	70	54	2122
	75	59	81	139	181	228	236	236	205	147	105	63	48	1728
90	52	72	124	163	205	213	214	186	134	94	56	42	1554	

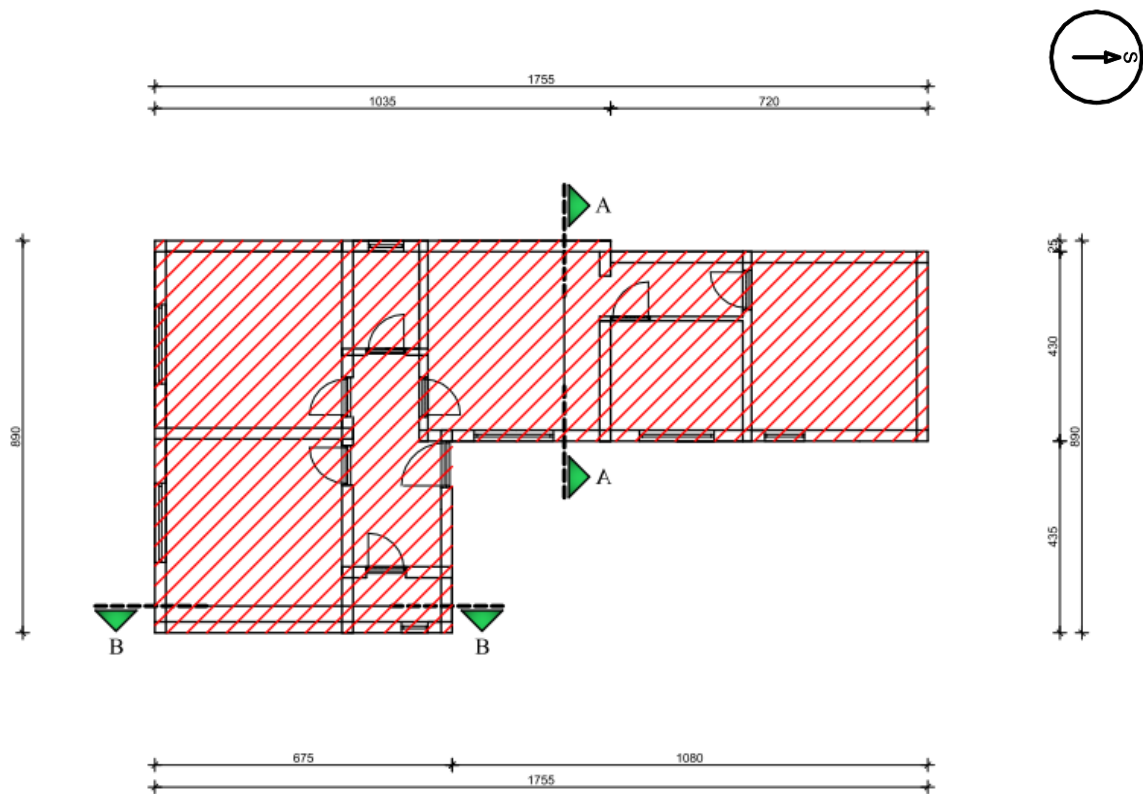
5.1.2. Proračunski parametri

Promatramo stambenu zgradu kao jednu zonu. Unutarnja projektna temperatura grijanja iznosi 20,00 °C.

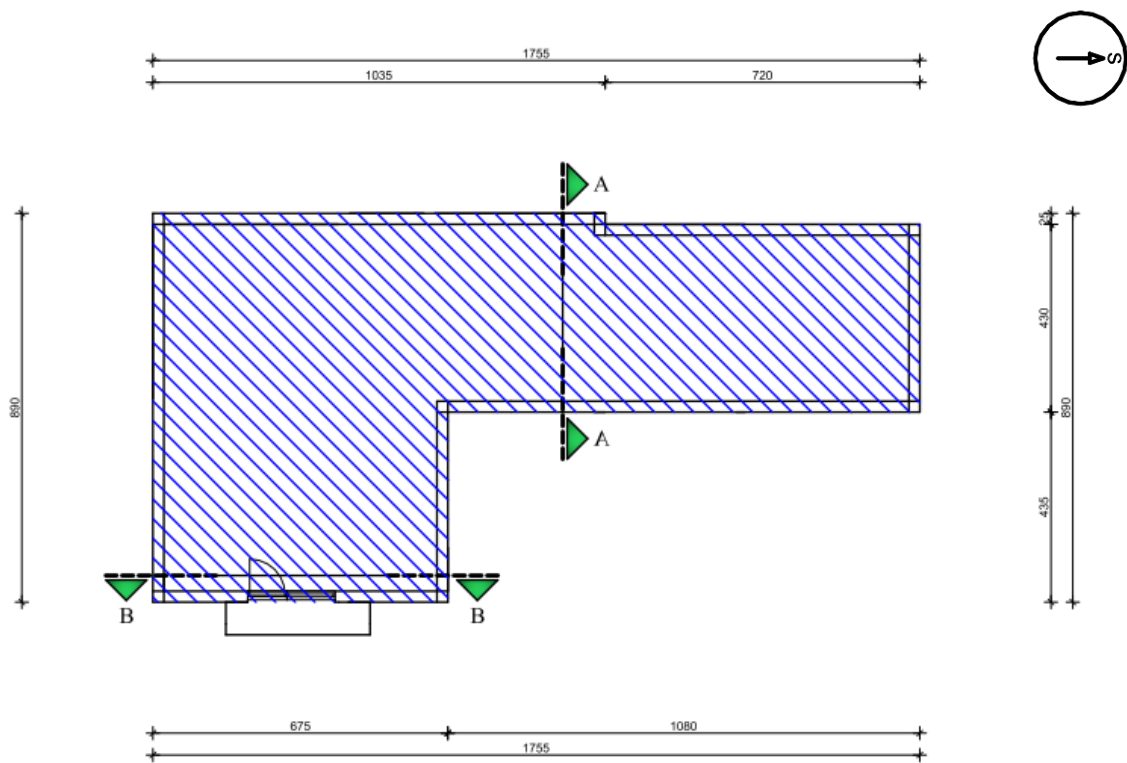
5.1.3. Podaci o zgradi

Obujam grijanog dijela zgrade iznosi $V_e = 240,82 \text{ m}^3$. Vrijeme rada sustava grijanja zone je bez prekida rada noću. U nastavku su priložene sve potrebne podloge potrebne za proračun: tlocrti, presjek i pročelja na kojima se vidi podjela grijanih i negrijanih prostora:

Grijano: 
Negrijano: 



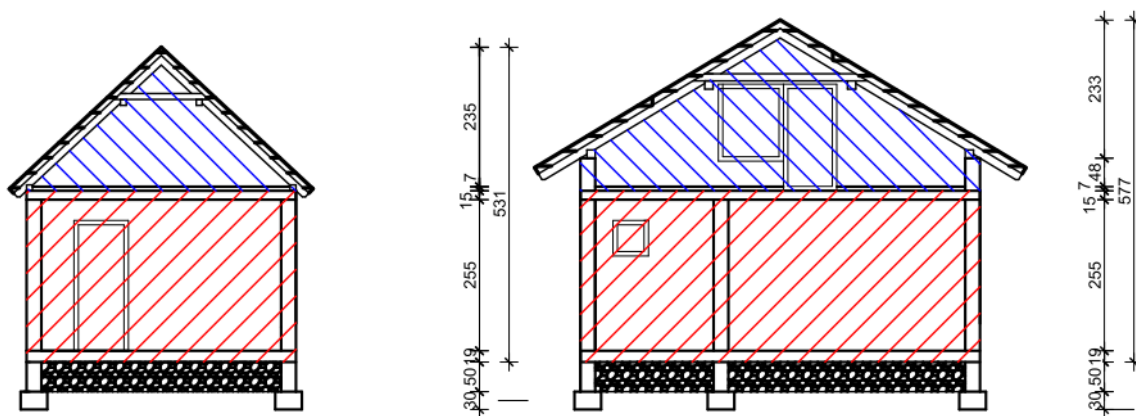
Slika 5.1.3.1 Tlocrt prizemlja



Slika 5.1.3.2 Tlocrt tavana

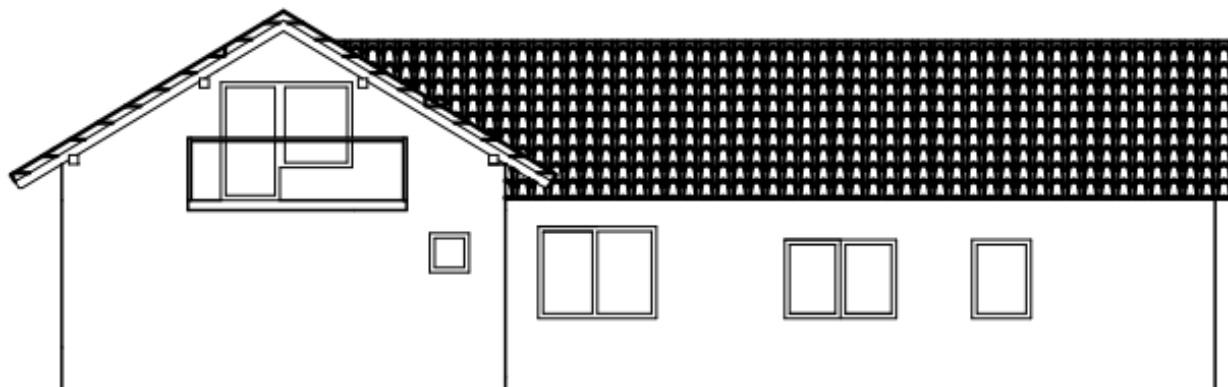
PRESJEK A-A

PRESJEK B-B

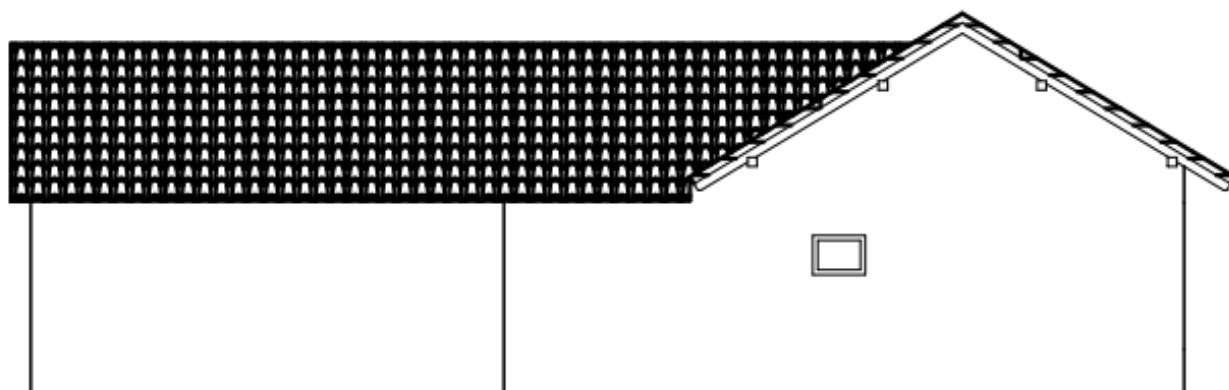


Slika 5.1.3.3 Presjek A-A i presjek B-B

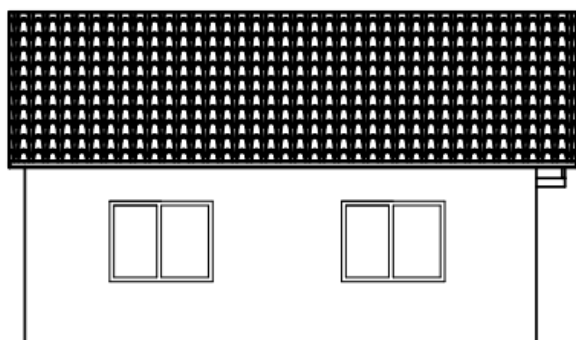
ISTOČNO PROČELJE



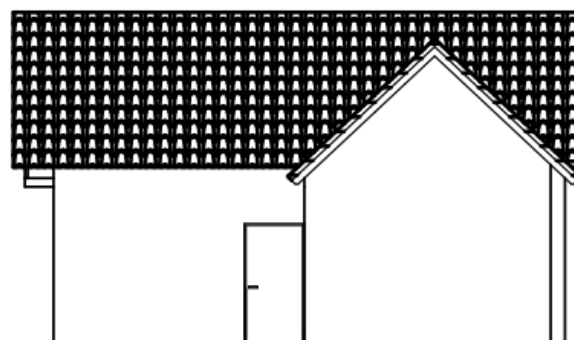
ZAPADNO PROČELJE



JUŽNO PROČELJE



SJEVERNO PROČELJE



Slika 5.1.3.4 Pročelja

Tablica 5.1.3 Potrebni podaci za proračun potrebne energije za grijanje

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	341,85	[m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	V _e	240,82	[m ³]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	183,02	[m ³]
Faktor oblika zgrade	f _o	1,42	[m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A _k	94,44	[m ²]
Površina kondicionirane (grijane i hladene) zone računate s vanjskim dimenzijama	A _f	106,51	[m ²]
Ukupna ploština pročelja	A _{uk}	152,97	[m ²]
Ukupna ploština prozora	A _{wuk}	13,83	[m ²]
Udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja(%)	f	10,25	

5.2. Toplinski gubici

5.2.1. Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT je dobiven prema HRN EN ISO 13790

$$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$$

H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu

H_{g,avg} - Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu

H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru

H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi

H_{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline iznosi: 462,0 [W/K]

5.2.2. Gubici provjetranjem

Prirodno provjetranje

$$V = 183,02 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$n_{min} = 0,50$$

$$V_d = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$$

Zaklonjenost: Nezaklonjeno

Broj izloženih fasada: Više izloženih fasada

Razina zrakonepropusnosti: Niska razina

Koef. gubitka topline provjetranjem H_v iznosi 55,84 [W/K]

5.2.3. Ukupni gubici

Ukupni gubici toplinske energije godišnje iznose 39956,67 kWh.

Tablica 5.2.3 Ukupni gubici toplinske energije

Mjesec	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za grijanje [W/K]
Siječanj	7112,46	487,43
Veljača	5837,98	488,17
Ožujak	4962,50	490,74
Travanj	3142,53	496,69
Svibanj	1527,92	539,84
Lipanj	312,03	1050,60
Srpanj	0,00	290,07
Kolovoz	0,00	24,18
Rujan	1718,75	530,48
Listopad	3430,67	495,82
Studeni	4942,17	490,44
Prosinac	6969,67	487,59
Godišnji gubici topline [kWh]		
	Toplinski gubici grijanja	
Godišnje		39956,67

5.3. Toplinski dobici

Ukupni dobici toplinske energije godišnje iznose 10457,98 kWh.

Tablica 5.3. Ukupni dobici toplinske energije

Ukupni dobici topline		
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 4.136,47$ [kWh]	
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 6.321,51$ [kWh]	
Ostali dobici topline	$Q' = 0,00$ [MJ]	
Mjesečni dobici topline		
Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	2239,86	622,18
Veljača	2478,69	688,52
Ožujak	3262,25	906,18
Travanj	3478,91	966,36
Svibanj	3753,92	1042,76
Lipanj	3744,11	1040,03
Srpanj	3935,57	1093,21
Kolovoz	3811,53	1058,76
Rujan	3576,09	993,36
Listopad	3099,39	860,94
Studen	2253,60	626,00
Prosinac	2014,82	559,67
Godišnji dobici topline		
	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	37648,74	10457,98

5.4. Potrebna energija za grijanje

Ukupna potrebna energija za grijanje godišnje iznosi 25641,59 kWh.

Tablica 5.4.1 Ukupna potrebna energija za grijanje

Miesec	$Q_{H.tr}$	$Q_{H.ve}$	$Q_{H.ht}$ [kWh]	$Q_{H.sol}$	$Q_{H.int}$	$Q_{H.gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H.gn}$	$\alpha_{red.H}$	$L_{H.m}$	$Q_{H.nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	6.620	492	7.112	271	351	622	0,09	0,984	1,00	31,00	5.214
Veljača	5.435	403	5.838	371	317	689	0,12	0,974	1,00	28,00	4.147
Ožujak	4.621	341	4.963	555	351	906	0,18	0,951	1,00	31,00	3.279
Travanj	2.929	213	3.143	626	340	966	0,31	0,897	1,00	30,00	1.772
Svibanj	1.432	95	1.528	691	351	1.043	0,68	0,735	1,00	26,00	541
Lipanj	302	10	312	700	340	1.040	3,33	0,270	1,00	0,00	0
Srpanj	- 230	- 30	- 261	742	351	1.093	1.000,00	0,001	1,00	0,00	0
Kolovoz	4	- 13	- 9	707	351	1.059	1.000,00	0,001	1,00	0,00	0
Rujan	1.609	109	1.719	653	340	993	0,58	0,778	1,00	15,00	0
Listopad	3.197	233	3.431	510	351	861	0,25	0,922	1,00	31,00	2.078
Studeni	4.602	340	4.942	286	340	626	0,13	0,971	1,00	30,00	3.467
Prosinac	6.488	482	6.970	208	351	560	0,08	0,986	1,00	31,00	5.145
UKUPNO											25642

Tablica 5.4.2.1 Ukupna potrebna energija za PTV

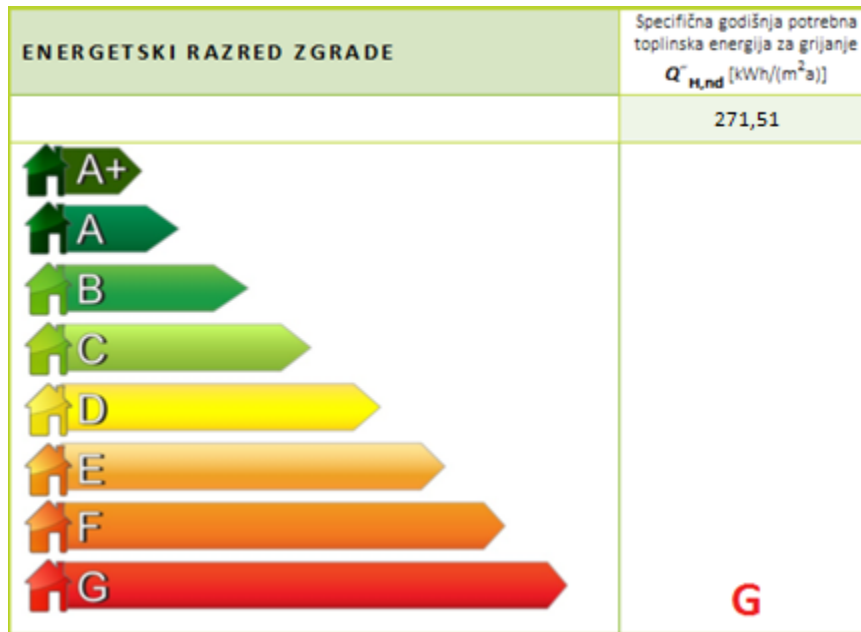
Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - d_g	253,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja - d_{ng}	112,00 dan
Ploština korisne površine grijanog dijela zone - A_k	94,44 m ²
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice	
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q_{w,A,a}$	12,50 kWh/m ² a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja) -	818,26 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone)	362,24 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - Q_w	1180,50 kWh

Tablica 5.4.2.2 Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 341,85 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 240,82 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 1,42 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 94,44 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 25641,59 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 271,51 \text{ (max = 75,00) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 1726,44 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 28548,54 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 302,29 \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 29608,57 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne	$E''_{prim} = 313,52 \text{ (max = 115,00)}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici	$H'_{tr,adj} = 1,35 \text{ (max = 0,44) [W/m}^2\text{ K]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 462,01 \text{ [W/K]}$

Iz prikazanih rezultata proračuna vidimo da zgrada ne zadovoljava godišnju potrebnu toplinu za grijanje po jedinici ploštine korisne površine koja iznosi 271,51 kWh/m²a a zbog nepovoljnog faktora oblika koji iznosi 1,42 m⁻¹dopušteno je 75,00 kWh/m²a. Te zgrada ne zadovoljava tehničke propise o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti.

5.5. Energetski razred



Slika 5.5 Energetski razred postojeće zgrade

Prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju zgrada (NN 88/17) energetski razred zgrade je indikator energetskih svojstava zgrade koji se za stambene zgrade izražava preko godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke svedene na jedinicu ploštine korisne površine zgrade. Potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke $Q_{H,nd,ref}^*$ iznosi 256,43 kWh/m²a te se zgrada svrstava u energetski razred “G”.

6. Prijedlog i analiza mjera za poboljšanje energetske svojstava

Nakon obavljenog energetskog pregleda zgrade možemo zaključiti da je stanje vanjske ovojnice iznimno nepovoljno s aspekta energetske učinkovitosti, ne zadovoljava ni minimalne uvjete Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Zato će se razmotriti mjere poboljšanja energetske učinkovitosti te analizirati isplativost istih. Nakon implementacije mjera poboljšanja energetske učinkovitosti ponovo će se provesti proračun potrebne toplinske energije kojim će se izračunati ušteda toplinske energije. Cilj je postići što kraći povratni rok investicije uz zadovoljavanje uvjeta Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Preporuke jednostavnih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti, bez dodatnih troškova, su sljedeće:

- prilagoditi grijanje noću i onda kada nema nikoga u zgradi,
- noću spustiti rolete i navući zavjese,
- izbjegavati zaklanjanje i pokrivanje grijaćih tijela zavjesama, maskama i sl.,
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1°C,
- koristiti prirodno osvjetljenje u što većoj mjeri,
- isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna,
- isključiti računala, televizore i druge uređaje kada ih ne koristimo,
- izbjegavati gubitke na stand by načinu rada
- koristiti mogućnost uključivanja električnih aparata noću kada je električna energija jeftinija

U nastavku slijede mjere koje će iziskivati financijsku investiciju no povrat investicije će biti brz te će u konačnici štedjeti novac investitoru.

6.1. Građevni dijelovi

6.1.1. Vanjski zid

Vanjski zid je najveći dio toplinske ovojnice zgrade te je kvalitetna toplinska izolacija vanjskog zida od ključnog značaja za energetske učinkovitost zgrade. U postojećem stanju toplinska izolacija ne postoji, predviđena je toplinska fasada ETICS sustav s 15 cm EPS te završnom silikatnom žbukom.

Tablica 6.1.1.1 Uštede vanjskog zida

Potrošnja prije [kWh/a]	Potrošnja nakon [kWh/a]	Ušteda energije [kWh]	Cijena energenta [kn/kWh]	Financijska ušteda [kn]
25641,59	13076,28	12565,31	0,45	5654,39

Tablica 6.1.1.2 Trošak vanjskog zida

Opis stavke	Mjerna jedinica	Količina	Jed. cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Izvedba toplinske fasade u povezanom sustavu ETICS, sastoji se od dobave i ugradnje toplinsko-izolacijskih ploča ekspandiranog polistirena, kao EPS (HRN EN 13499) debljine 15 cm, koeficijenta toplinske provodljivosti $\lambda = 0,037$ W/mK. U cijenu uključene sve pregradnje i svi materijali kompletnog sustava (ljepilo, mrežica, pričvrsnice, završni sloj silikatnom tanko slojnom žbukom, fasadna skela i špaleta).	m ²	139,14	250,00	34785,00
UKUPNO:				34785,00

Povratni period za energetske obnovu vanjskog zida iznosi 6,15 godina te se to smatra isplativom investicijom.

6.1.2. Strop prema tavanu

Strop prema tavanu ima nedovoljnu toplinsku izolaciju te je predviđeno dodavanje 20 cm mineralne vune kao što je opisano u tablici 6.1.2.2

Tablica 6.1.2.1 Uštede stropa prema provjetravanom tavanu

Potrošnja prije [kWh/a]	Potrošnja nakon [kWh/a]	Ušteda energije [kWh]	Cijena energenta [kn/kWh]	Financijska ušteda [kn]
25641,59	22616,95	3024,64	0,45	1361,09

Tablica 6.1.2.2 Trošak izolacije stropa

Opis stavke	Mjerna jedinica	Količina	Jed. cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Dobava i postava toplinske izolacije od mineralne vune debljine 20 cm, koeficijenta toplinske provodljivosti $\lambda = 0,034$ W/mK. Toplinska izolacija se postavlja između gredica postavljenih u više redova (roštiljna konstrukcija) na postojeće EPS ploče uz prethodno uklanjanje daščanog poda. Na izolaciju se postavlja daščani pod debljine 2,00 cm oštećene daske je potrebno zamijeniti. U cijenu stavke uključen sav potreban materijal, pribor i spojna sredstva.	m ²	94,44	90,00	8499,60
UKUPNO:				8499,60

Povratni period za energetska obnovu stropa iznosi 6,24 godina te se to smatra isplativom investicijom.

6.1.3. Pod na tlu

Pod na tlu ima nedovoljnu toplinsku izolaciju te je predviđeno dodavanje 10 cm mineralne vune. Kako se radi o podu za ugradnju toplinske izolacije potreban je velik broj dodatnih radova što jako povećava cijenu izvođenja.

Tablica 6.1.3 Uštede poda na tlu

Potrošnja prije [kWh/a]	Potrošnja nakon [kWh/a]	Ušteda energije [kWh]	Cijena energenta [kn/kWh]	Financijska ušteda [kn]
25641,59	25142,48	1109,13	0,45	499,11

Tablica 6.1.1.2 Trošak poda na tlu

Opis stavke	Mjerna jedinica	Količina	Jed. cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Uklanjanje postojećeg poda do hidroizolacije, te izvedba plivajućeg poda sa slijedećim slojevima: mineralna vuna debljine 10 cm, toplinske provodljivosti $\lambda = 0,034$ W/mK, tlačne čvrstoće $\sigma_{10} = 40$ kPa, polietilenske folije debljine 0,20mm te mikroarmiranog cementnog estriha debljine 6 cm	m ²	94,44	210,00	19832,40
UKUPNO:				19832,40

Povratni period za energetske obnovu poda iznosi 39,74 godina te se to smatra neisplativom investicijom.

6.1.4. Vanjska stolarija

Stolarija je u dotrajalom stanju te generira velike transmisijske i ventilacijske gubitke. Predviđena zamjena postojeće stolarije za PVC stolariju s trostrukim staklom te Low-E premazom.

Tablica 6.1.4 Uštede vanjske stolarije

Potrošnja prije [kWh/a]	Potrošnja nakon [kWh/a]	Ušteda energije [kWh]	Cijena energenta [kn/kWh]	Financijska ušteda [kn]
25641,59	20615,773	5025,817	0,45	2261,62

Tablica 6.1.3 Trošak vanjske stolarije

Opis stavke	Mjerna jedinica	Količina	Jed. cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Uklanjanje postojeće stolarije, dobava i postava novih PVC prozora ostakljenih trostrukim staklom, s LowE premazom, punjeno Argonom, vrijednosti koeficijenta prolaska topline $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ te ulaznih PVC vrata vrijednosti koeficijenta prolaska topline $U_w = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	m^2	13,83	1500,00	20745,00
UKUPNO:				20745,00

Povratni period za energetske obnovu stolarije iznosi 9,17 godina te se to smatra isplativom investicijom.

6.2. Električna energija

Osvjetljenje u zgradi je riješeno pomoću žarulja s žarnom niti koje su iznimno neučinkovite te se predlaže zamjena postojećih žarulja s LED žaruljama. Zamjena ostalih električnih uređaja za efikasnije ne bi bila isplativa jer su svi uređaji energetskog razreda C ili više.

Tablica 6.2.1 Uštede električne energije za rasvjetu

Potrošnja el. energije prije [kWh/a]	Potrošnja el. energije nakon [kWh/a]	Instalirana snaga prije [W]	Instalirana snaga nakon [W]	Ušteda el. energije [kWh]	Cijena energenta [kn/kWh]	Financijska ušteda [kn]
1363,80	233,66	1510	257	1130,14	0,87	983,33

Tablica 6.2.2 Trošak LED rasvjete

Opis stavke	Mjerna jedinica	Količina	Jed. cijena [kn]	Ukupna cijena [kn]
Uklanjanje postojećih žarulja sa žarnom niti, dobava i postava novih LED žarulja ekvivalente snage 100 W	kom	10	42,00	420,00
Uklanjanje postojećih žarulja sa žarnom niti, dobava i postava novih LED žarulja ekvivalente snage 75 W	kom	2	38,00	76,00
Uklanjanje postojećih žarulja sa žarnom niti, dobava i postava novih LED žarulja ekvivalente snage 40 W	kom	9	32,00	288,00
UKUPNO:				784,00

Povratni period za ugradnju energetski efikasnije rasvjete iznosi 0,8 godina te se to smatra isplativom investicijom.

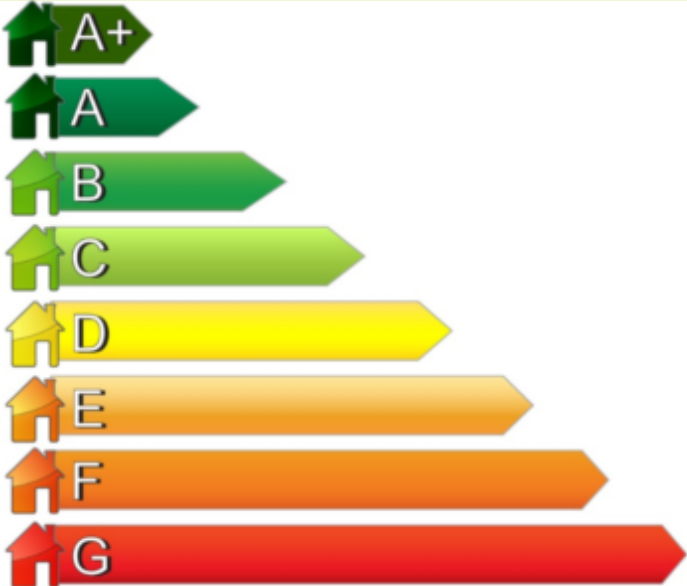
6.3. Prihvaćene mjere

Potrebna toplinska energija nakon provedbe prihvaćenih mjera energetske obnove iznosi 5025,82 kWh/a što godišnje iznosi 2261,62 kn. S obzirom da je potrošnja postojećeg stanja iznosi 25641,59 kWh/a odnosno 11538,72 kn radi se o uštedi od 80,4%. Dodatnu uštedu nam donosi LED rasvjeta koja na godišnjoj bazi štedi 1130,14 kWh električne energije odnosno 784,00 kn. Kao što vidimo u tablici 6.3 ukupna investicija za prihvaćene mjere iznosi 64.813,60 kn dok godišnja ušteda iznosi 10.260,43 kn što nam daje povratni period od 6,3 godine. Adaptacija poda nije financijski isplativa jer zahtjeva velik broj dodatnih radova a ne daje značajnu uštedu toplinske energije.

Tablica 6.3 Povratni periodi investicija

Investicija	Godišnja ušteda [kn]	Cijena [kn]	Povratni period [god.]	Prihvaćena mjera
Vanjski zidovi	5654,39	34785,00	6,15	DA ✓
Strop	1361,09	8499,60	6,24	DA ✓
Pod	499,11	19832,40	39,74	NE ✗
Stolarija	2261,62	20745,00	9,17	DA ✓
Rasvjeta	983,33	784,00	0,80	DA ✓
UKUPNO (prihvaćene mjere):	10260,43	64813,60	6,32	

Nakon provedenih mjera energetske obnove zgrada spada u energetske razred „C“ što je prikazano na slici 6.3. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade ($Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a]) iznosi 50,95 kWh/m²a) dok najveća dopuštena godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade iznosi 75,00 kWh/(m² a) što znači da zgrada zadovoljava tehničke propise o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]
 <p>The image shows a vertical energy efficiency scale with eight levels, each represented by a house icon and a colored arrow pointing right. The levels are: A+ (dark green), A (green), B (light green), C (yellow-green), D (yellow), E (orange), F (dark orange), and G (red). The arrows increase in length from A+ to G.</p>	<p data-bbox="1165 571 1220 616">C</p>
	50,95

Slika 6.3 Energetski razred zgrade nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti

7. Utjecaj orijentacije staklenih površina na solarne dobitke

Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15) I Tehničkom propisu o izmjenama i dopunama tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 70/18) kod proračuna solarnih dobitaka topline, Q_{sol} ne uzimaju se u obzir neprozirne plohe vanjskih građevnih dijelova koje su izložene sunčevu zračenju, a kod prozirnih površina potrebno je uzeti u obzir zasjenjenost od pomičnog i nepomičnog zasjenjenja kako je navedeno u Algoritmu.

Solarni dobitci se izračunavaju prema formuli:

$$Q_{sol} = \sum Q_{sol,k} + \sum (1 - b_{tr,l}) Q_{sol,u,l} \text{ [kWh]}$$

gdje su:

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k-ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$ – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13 789 ;

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh).

Srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz građevni dio zgrade k:

$$Q_{sol,k} = \frac{F_{sh,ob} S_{s,k} A_{sol,k}}{3,6} - \frac{F_{r,k} \Phi_{r,k} t}{1000} \text{ [kWh]}$$

$F_{sh,ob}$ – faktor zasjenjenja od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja

$S_{s,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period [MJ/m²]

$A_{sol,k}$ – efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje [m²]

$F_{r,k}$ – faktor oblika između otvora k i neba (za nezasjenjeni vodoravni krov je jednak jedinica, za nezasjenjeni okomiti zid 0,5)

$\Phi_{r,k}$ – toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu [W]

t – proračunsko vrijeme [h]

$A_{sol,k}$ – efektivna površina otvora k (prozirnog elementa) na koju upada sunčevo zračenje [m²]

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{pr} \quad [m^2]$$

$$g_{gl} = F_W g_{\perp} \quad [-]$$

$F_{sh,gl}$ – faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja

g_{gl} – ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno

g_{\perp} – stupanj propuštanja ukupnog zračenja okomito na ostakljenje kada pomično zasjenjenje nije uključeno

F_W – faktor smanjenja zbog ne okomitog upada sunčevog zračenja = 0,9

F_F – udio ploštine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora (0,2 – 0,3)

A_{pr} – ukupna površina prozora [m^2]

Faktor zasjenjenja $F_{sh,ob}$ od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja (susjedne zgrade, konfiguracije terena, vanjski dijelovi otvora prozora) računa se po formuli:

$$F_{sh,ob} = F_{hor} F_{ov} F_{fin}$$

F_{hor} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena u ovisnosti o orijentaciji plohe, kuta horizonta i zemljopisnoj širini

F_{ov} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora u ovisnosti o orijentaciji plohe, kutu gornjeg zasjenjenja α , zemljopisnoj širini

F_{fin} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora u ovisnosti o orijentaciji plohe, kutu bočnog prozorskog zasjenjenja β , zemljopisnoj širini

Toplinski tok zračenja k-tog građevnog elementa prema nebu:

$$\Phi_{r,k} = R_{se} U_c A_c h_r \Delta \theta_{er} \quad [W]$$

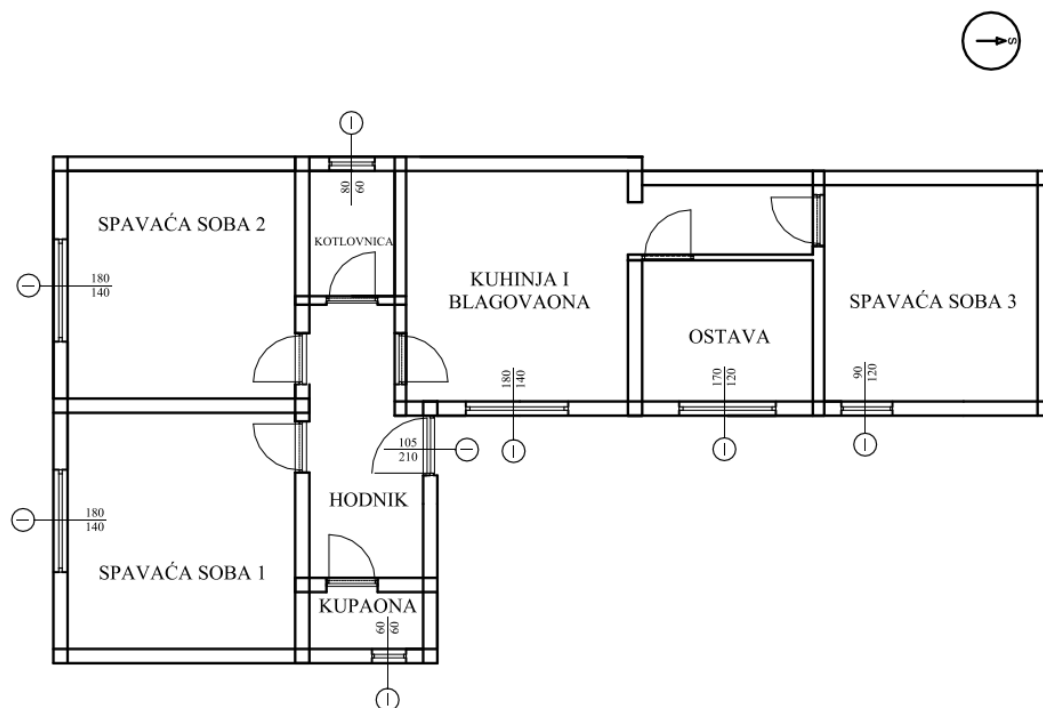
R_{se} – plošni toplinski otpor vanjske površine zida/krova = 0,04 m^2K/W

U_c – koeficijent prolaska topline zida/krova [W/m^2K]

A_c – projicirana površina zida [m^2]

h_r – vanjski koeficijent prijelaza topline zračenjem = 0,45 W/m^2K

$\Delta \theta_{er}$ – prosječna temperaturna razlika vanjske temperature traka i temperature neba $\approx 10^\circ C$



Slika 7.0 Shema prizemlja s dimenzijama stolarije

U nastavku slijede rezultati proračuna za najnepovoljnije i najpovoljnije stanje te usporedba s postojećim stanjem. Najnepovoljnijim stanjem se smatra stanje u kojem se svi vanjski otvori nalaze na sjevernoj strani zgrade te su pri tome najmanji solarni dobici. Najpovoljnijim stanjem se smatra stanje u kojem se svi vanjski otvori nalaze na južnoj strani zgrade te su pri tome najveći solarni dobici. Za proračun je upotrijebljen računalni program KI EXPERT PLUS.

Rezultati proračuna za najnepovoljnije stanje:

Kod najnepovoljnijeg stanja ukupni toplinski dobitci iznose 7253,33 kWh, a potrebna toplinska energija bi u tom slučaju iznosila 6516,36 kWh/a što je razlika od 1490,54 kWh/a odnosno povećanje od 29,7% prema postojećem stanju.

Dijagram 7.1 Prikaz toplinskih dobitaka u najnepovoljnijem stanju

Mjesec	Q [kWh]	
Siječanj	455,49	
Veljača	461,66	
Ožujak	599,87	
Travanj	666,70	
Svibanj	762,21	
Lipanj	766,93	
Srpanj	780,28	
Kolovoz	724,14	
Rujan	608,58	
Listopad	539,74	
Studeni	452,21	
Prosinac	435,50	
Godišnji dobitci	7253,31	

Rezultati proračuna za najpovoljnije stanje:

Kod najpovoljnijeg stanja ukupni toplinski dobitci iznose 10797,36 kWh, a potrebna toplinska energija bi u tom slučaju iznosila 4606,87 kWh/a što je razlika od 418,95 kWh/a odnosno smanjenje od 8,3% prema postojećem stanju.

Dijagram 7.2 Prikaz toplinskih dobitaka u najpovoljnijem stanju

Mjesec	Q [kWh]	
Siječanj	728,18	
Veljača	802,40	
Ožujak	990,76	
Travanj	957,35	
Svibanj	962,67	
Lipanj	927,28	
Srpanj	982,73	
Kolovoz	1014,77	
Rujan	1057,61	
Listopad	1000,76	
Studeni	730,85	
Prosinac	641,99	
Godišnji dobitci	10797,36	

Osnovna zadaća prozora je propuštanje dnevnog svjetla u prostoriju i zračenje prostorije iz čega proizlaze daljnje zadaće: zaštita od vanjske buke, zaštita od vanjskih (visokih ili niskih) temperatura, sunca i padalina. Uz to generiraju i toplinske dobitke. Iz viđenih rezultata može se zaključiti da je postojeća orijentacija vanjskih otvora na promatranoj zgradi optimalna.

8. Zaključak

Na temelju analize podataka energetske svojstva predmetne obiteljske kuće može se zaključiti da se na zgradi nalazi dovoljno prostora za implementaciju mjera energetske učinkovitosti. Analiza postojećeg stanja je pokazala da je većina građevnih dijelova minimalno izolirana a ostali građevni dijelovi nemaju toplinsku izolaciju što pridonosi velikim gubicima topline. Također je dobiveni faktor oblika zgrade jako nepovoljan, što nam odmah ukazuje na veliku vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje i jako loš energetski razred.

Proračunom je dokazano da implementacijom predloženih mjera energetske uštede dolazi se do velikih ušteda toplinske energije pa samim time i financijske uštede. Potrebna toplinska energija nakon provedbe prihvaćenih mjera energetske obnove iznosi 5025,82 kWh/a s obzirom da je potrošnja postojećeg stanja iznosi 25641,59 kWh/a radi se o uštedi od 80,4% na godišnjoj razini.

Ukupna investicija za prihvaćene mjere iznosi 64.813,60 kn dok godišnja ušteda iznosi 10.260,43 kn što nam daje povratni period od 6,3 godine. Energetska učinkovitost je kontinuirani proces te ne staje provedbom predloženih mjera već je potrebno praćenjem i analizom potrošnje energije potvrditi planirane uštede te uočavati nove potencijale i implementirati ih u postojeći sustav čime dolazimo do sustavnog gospodarenja energijom.

U Varaždinu, _____

Alen Tomašec

9. Literatura

[1] Soldo V.; Novak S.; Horvat I., Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Zagreb, 2014

[2] Metodologija provođenja energetskeg pregleda građevina, Zagreb, 2017

[3] Pravilnik o energetskeg pregledu zgrada i energetskeg certificiranju zgrada (NN 87/17), Zagreb, 2017

[4] Tehnički propis o racionalnoj upotrebi energije i toplinskeg zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18), Zagreb, 2018

[5] Zbašnik Senegačnik, M. (2009.): „Pasivna kuća“, Zagreb, SUN ARH d.o.o.

Internet izvori:

[6] <https://mgipu.gov.hr/> , dostupno 04.09.2019.

[7] http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/ , dostupno 04.09.2019.

Popis slika

Slika 3.1.1 Situacija.....	3
Slika 3.1.2 Shema prizemlja.....	4
Slika 5.1.3.1 Tlocrt prizemlja.....	20
Slika 5.1.3.2 Tlocrt tavana.....	21
Slika 5.1.3.3 Presjek A-A i presjek B-B.....	21
Slika 5.1.3.4 Pročelja.....	22
Slika 5.5 Energetski razred postojeće zgrade.....	28
Slika 6.3 Energetski razred zgrade nakon implementacije mjera energetske učinkovitosti.....	36
Slika 7.0 Shema prizemlja s dimenzijama stolarije.....	39



IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ALEN TOMAŠEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I UTJECAJ ORIJENTACIJE VANJSKIH OTVORA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

ALEN TOMAŠEC *Alen*
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ALEN TOMAŠEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I UTJECAJ ORIJENTACIJE VANJSKIH OTVORA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

ALEN TOMAŠEC *Alen*
(vlastoručni potpis)